第３章　　気体

第５講　気体

1　気体

気体に関する法則は，1600年代のボイルの法則，1700年代のシャルルの法則，そして1800年代の状態方程式というように，歴史的背景から学びがちである。もちろん歴史は大切である。しかし，気体の計算をマスターするために本当に必要なのは，気体とは何なのか，気体の体積・圧力とは何なのかを理解し，自分で状態方程式を説明できるようになることであろう。

(1)　気体

気体は分子の熱運動が激しく，分子間距離が大きいため，ファンデルワールス力をはじめとする分子間力がほぼ0である。それにより分子は自由に運動し，空間に分散していくため，体積は一定ではなく，空間全体に対する分子の大きさは無視できる状態である。

・気体の体積 V（Volume）	：気体が動き回れる空間の広さ。
・気体の圧力 P（Pressure）	：気体が容器に衝突する力を単位面積あたりで表したもの。 $1.013 \times 10^5\,\mathrm{Pa} = 760\,\mathrm{mmHg} = 1\,\mathrm{atm}$
・気体の温度 T（Temperature）	：空間の温度であるが熱運動の激しさを表すともいえる。 セルシウス温度［℃］ではなく，絶対温度［K］で表す。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(2) 気体の状態方程式

理想気体は，分子間力と分子の体積(大きさ)を無視しているため，次の式が成立する。

$$PV = nRT$$

n：物質量 mol，R：気体定数 8.31×10^3 Pa・L/(mol・K)

これが状態方程式である。

また，物質量 $n = \dfrac{\text{質量}\,w}{\text{分子量}\,M}$ が成立するため，上記の式は次のように変形できる。

$$PV = \frac{w}{M}RT$$

よって密度を d (g/L) とすると，

$$M = \frac{w}{V} \cdot \frac{RT}{P} = d \cdot \frac{RT}{P}$$

となる。

以上より，

- 気体の状態方程式から分子量を求めることができる
  (分子量測定→デュマ法)
- PT 一定のもとでは，気体の分子量は密度に比例する

ことがわかる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

⑶　気体の計算

①変化がない場合

何も変化が起こってない場合，または比較する対象がない場合は状態方程式に数値を代入して，知りたいものを導くしかない。

例題　27℃，1.0×10^5 Pa で 1.0 mol の N_2 の体積は何 L か。　**解**：25 L

②物理的変化がある場合

気体の置かれた環境に変化がある場合，すなわち物理的変化がある場合には，変わらないものに注目して立式していく。また，環境の異なる気体どうしは比較するときにも有効である。

例題　5.0 L の容器に N_2 が 27℃，1.0×10^5 Pa で入っている。327℃に変えると圧力は何 Pa になるか。　**解**：2.0×10^5 Pa

〈参考〉：n と T が一定の場合→$P \propto V^{-1}$（ボイルの法則）
n と P が一定の場合→$V \propto T$（シャルルの法則）
P と T が一定の場合→一定体積中に含まれる気体の粒子数 n は，気体の種類によらず一定。
すなわち $V \propto n$（アボガドロの法則）

③化学的変化がある場合

気体が化学変化を起こした場合には，化学反応式を書き，反応前，変化量，反応後がわかる表をつくっていく。

例題　5.0 L の容器に CH_4 3.0 kPa，O_2 8.0 kPa でいれ，燃焼させた。このとき，反応後の容器の圧力は何 kPa になるか。ただし，H_2O はすべて液体とし，反応前後で温度は変化しないものとする。　**解**：5.0 kPa

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第５講　演習問題

1　内容積500mLの丸底フラスコの口に，針で小さく穴を開けたアルミニウム箔のふたをかぶせた。このフラスコとアルミニウム箔の質量を測ったところ258.25gであった。このフラスコ内に，標準状態（0℃，1.013×10^5Pa）では液体で沸点が100℃以下のある純粋な物質Aを5.00mL入れてアルミニウム箔のふたをかぶせ，図のように内部が観察できる電気炉に入れて物質Aを100℃で気化させた。完全に気化した後に，ただちにふたをしたままフラスコを取り出して室温にまで放冷すると，底に液体が凝縮して溜まった。このふた付きのフラスコの質量を測ったところ，259.20gであった。この実験から物質Aの分子量を求めて，その分子式を下記から選べ。

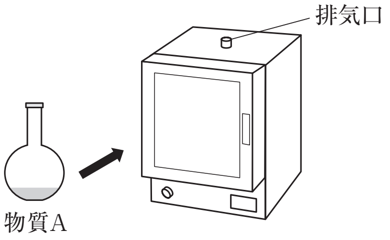


図　実験装置

ただし，気体状態の物質Aは理想気体として考えてよい。また，原子量はH=1.0，C = 12，N=14，O = 16，大気圧は1.00×10^5Pa，気体定数は8.3×10^3Pa·L/(mol·K)として計算せよ。なお，放冷中はフラスコ内の物質Aや，空気中の水の出入りはなかったものとする。

分子式　C_2H_6O，C_3H_9N，C_5H_{10}，C_4H_8O，$C_4H_{11}N$

2　ある液体0.20gを気化させ，その気体の体積を測定した。その結果，温度27℃，圧力 9.70×10^4 Paで，体積は30mLであった。次の(1)，(2)に答えよ。解答は小数点1位まで示せ。気体定数は 8.3×10^3 Pa·L/(mol·K)とする。

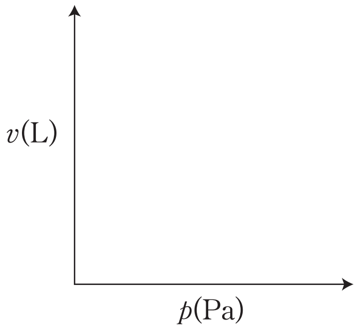
(1)　この気体の分子量はいくらか。

(2)　標準状態(0℃，1.013×10^5 Pa)における体積はいくらか。

3　密封容器に入れた理想気体に対して次の(1)と(2)の変化を連続的に生じさせたとき，p と v の関係はどのようになるか。以下の解答欄に(1)と(2)の変化がわかるように，その様子を描け。

(1)　物質量 n(mol)と圧力 p(Pa)を一定にして，温度 t(K)を増加させる。

(2)　物質量 n(mol)と温度 t(K)を一定にして，圧力 p(Pa)を減少させる。



第5講　確認テスト

1

問1　ある揮発性の液体0.27gを完全に蒸発させると，その蒸気の体積は，47℃，1.0×10^5Paで0.10Lであった。この物質の分子量はいくらか。最も近い値を，次の(ア)～(オ)の中から一つ選べ。ただし，気体定数は8.3×10^3Pa･L/(mol･K)とする。

(ア)　34　(イ)　44　(ウ)　72　(エ)　136　(オ)　180

問2　温度27℃，圧力2.00×10^5Paで体積30.0Lの窒素がある。この窒素を温度127℃，圧力1.50×10^5Paにすると，体積は何Lになるか。最も近い値を，次の(ア)～(オ)の中から一つ選べ。

(ア)　20.0　(イ)　22.5　(ウ)　40.0　(エ)　53.3　(オ)　188

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第５講　演習問題

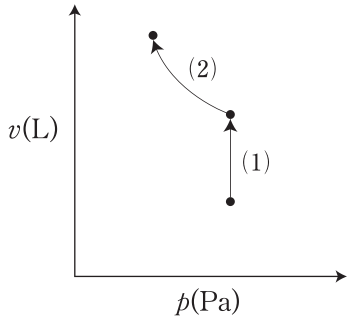
1

分子量　58.8　　分子式　C_3H_9N

2

(1)　171.1　　(2)　26.2mL

3



ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第５講　確認テスト

1　問１　(ウ)　　問２　(エ)

【解説】

問１　気体の状態方程式より，

$$M = \frac{wRT}{PV}$$

$$= \frac{0.27 \times 8.3 \times 10^3 \times 320}{1.0 \times 10^5 \times 0.10}$$

$$= \underline{71.71}$$

問２　$\dfrac{PV}{T}$ ＝一定が成立するため，

$$\frac{2.00 \times 10^5 \times 30.0}{(27 + 273)} = \frac{1.50 \times 10^5 \times V}{(127 + 273)}$$

$$V = \underline{53.3\,(\mathrm{L})}$$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。